

Photoproduction of charged Pi-Mesons from Nuclei by 250 MeV Bremsstrahlung (250MeV制動輻 射による原子核からの荷電 中間子の光生成)

著者	渡瀬 芳行
号	230
発行年	1970
URL	http://hdl.handle.net/10097/23516

氏名・（本籍）	わたせよしゆき 渡瀬芳行（静岡県）
学位の種類	理学博士
学位記番号	理博第230号
学位授与年月日	昭和45年11月25日
学位授与の要件	学位規則第5条第1項該当
研究科専門課程	東北大学大学院理学研究科 （博士課程）原子核理学専攻修了
学位論文題目	Photoproduction of charged π -Mesons from Nuclei by 250 MeV Bremsstrahlung （250 MeV制動輻射による原子核からの荷電 π 中間子の光生成） （主査）
論文審査委員	教授 北垣敏男 教授 鳥塚賀治 助教授 宇井治生

論文目次

第 1 章	序 論
第 2 章	実験装置
第 3 章	実験手続きと結果
第 4 章	実験結果の解析
第 5 章	結 論
	附 録
	参考文献

論文内容要旨

第1章 序 論

高エネルギー γ 線によって、原子核から光生成される荷電 π 中間子に関しては、1950年代から60年代にかけて、いくつかの実験があり、その大略の実験結果は、数百 MeV の入射エネルギー領域で

(1) 核内核子当りの π 生成断面積は free nucleon の場合に比して、 $1/3$ 程度に減少する。

(2) π の生成量は質量数：A に対して、 $A^{2/3}$ なる依存性を示す。

(3) 生成量の比 (π^-/π^+) は生成された π のエネルギーの高い側で減少する。

等である。

我々は、threshold 近傍での π の光生成により核構造を調べるために、東北大学 300 MeV 電子リニアックを用いて実験した。

生成比 (π^-/π^+) を、発生した π のエネルギーの関数として測定し、これと核構造との関連が調べられた。過去にも、この比の測定を行った実験として、330 MeV の bremsstrahlung を使った Hogg and Sinclair の Ca での実験、及び 1000 MeV の bremsstrahlung による W.M. McClelland の実験等がある。しかし斯様に高エネルギーでは核子からの 2π 生成等が効き、複雑な現象となる。本実験では、250 MeV の bremsstrahlung を用いているので、 π^+ 、 π^- は夫々核内の陽子、中性子からのみ、発生する。そこで、得られた (π^-/π^+) 比を陽子と中性子の核内での密度分布の違いに関係づける為に、此の反応の過程をモンテカルロ シミュレーションして、(π^-/π^+) 比を計算し、実験値に best fit するときの中性子の分布のパラメータを求めた。

第2章 実験装置

電子リニアックからの 250 MeV の電子ビームを Al (20 μ 厚) の radiator で bremsstrahlung に変換し、標的原子核 (C, Al, Ca, Cu) に照射した。このときビームに対して 90° 方向に放出される π^\pm 中間子のエネルギー・スペクトルを測定し、(π^-/π^+) 比を π のエネルギーの関数として求めた。 π^\pm 中間子は電磁石で電荷と運動量を分析された後、カウンター・テレスコープに入る。此のテレスコープは三枚のプラスチックシンチレータとアクリルのチェレンコフ・カウンターから構成される。低い運動量 ($P < 130$ MeV/c) にスペクトロメータをセットした場合は、電子のバックグラウンドが π 中間子といっしょに入ってくるので、最後のアクリルのチェレンコフ・カウンターによって、これを識別した。

リニアック・ビームは非常にデューティが悪いので ($\approx 5 \times 10^{-4}$)、速いコインシデンス回路が必要で、我々は時間分解能、30 nSec の速いコインシデンスを行った。

ビームのモニターとしては、Cornell 型の thick-wall 電離箱を用いた。

第3章 実験手続きと結果

測定は電磁石の励磁電流をかえて、 π のエネルギーを、 π^+ と π^- について、交互に測定した。測定し

た生成量； Y_π から，核当りの微分断面積（ $d^2 \sigma_A / d\Omega \cdot dT_\pi \cdot Q$ ）を次式で求めた。

$$\frac{d^2 \sigma_A}{d\Omega \cdot dT_\pi \cdot Q} = \frac{Y_\pi}{Q \cdot N \cdot d\Omega \cdot dT_\pi \cdot f(T_\pi)}$$

ここで，

Q ：等価量子数（Number of equivalent quanta）

N ：ターゲット核の数

$d\Omega$ ：スペクトロメータの立体角

dT_π ：スペクトロメータのエネルギー巾

$f(T_\pi)$ はスペクトロメータの π に対する計数効率であって， π の崩壊， π の多重散乱及び核吸収（Nuclear absorption）等を含んだモンテ・カルロ計算によって求めた。測定から求められた生成比（ π^-/π^+ ）を Ca について，第 1 図に示す。

第 4 章 実験結果の解析

実験結果の生成比（ π^-/π^+ ）と核内での核子の密度分布との関係を調べる為に， π 生成の過程を電子計算機で下記に述べるモデルを用いて，シミュレーションして，（ π^-/π^+ ）比の計算値を求めた。

核のモデルとしては Thomas-Fermi を使い，核子の密度分布の形は Woods-Saxon 型

$$\rho(r) \propto \frac{1}{1 + \exp\left(\frac{r-R}{a}\right)}$$

R ：half density radius

R_p, R_n

a ：diffuseness parameter

a_p, a_n

を用いた。陽子の分布に関するパラメータは電子散乱の結果から求めた。中性子の分布についてのパラメータのうち a_n は陽子のもの； a_p と同一とし， R_n はフリーパラメータとしておく。

一つの入射光子のエネルギーについて， π の核内での生成の点及び核子の運動量の大きさと方向を at random に選び，kinematics を解いて，生成される π のエネルギーを求める。生成点での核子密度と素過程の断面積及び π の核内での吸収係数とから，放出確率等を計算する。以上の様なモンテカルロ計算の結果につき bremsstrahlung のスペクトルで weighted sum を行う。これを π^+ と π^- につき計算して，最後に（ π^-/π^+ ）比が求められる。斯様にして，中性子分布の R_n をパラメータにした生成比（ π^-/π^+ ）を求め，これと実験と比較して best-fit の R_n を求めた。第 1 図の実線は Ca についての計算値である。第 2 図は χ^2 -fit の様子を示す。

第 5 章 結 論

C, Al, Ca に於いては，誤差の範囲で，陽子と中性子の分布に差はなく， Cu に関しては，best-fit の R_n が 0.3 Fermi R_p より大きい。此の様に得られた陽子と中性子の分布の異向は，他の方

法, 例えば iso baric analog states でのクローンエネルギー差, や低エネルギーでの陽子散乱の光学モデルによる解析等から得られた結果と consist なるものである。

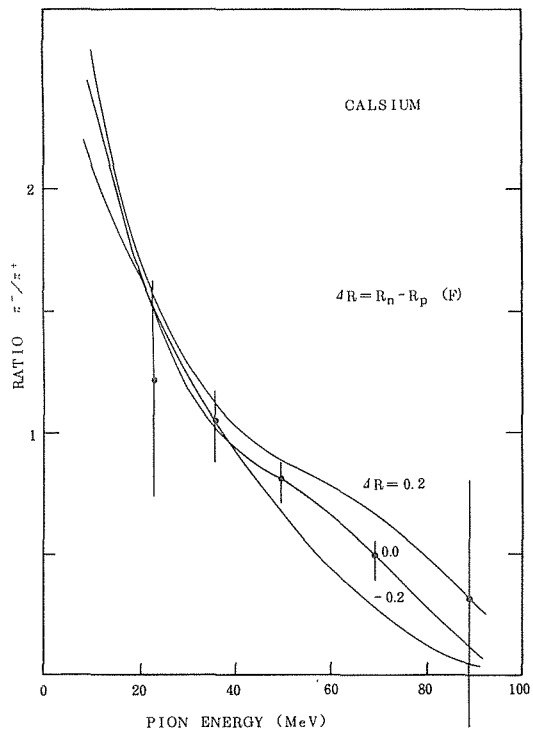


Fig 1 (π^-/π^+) ratio

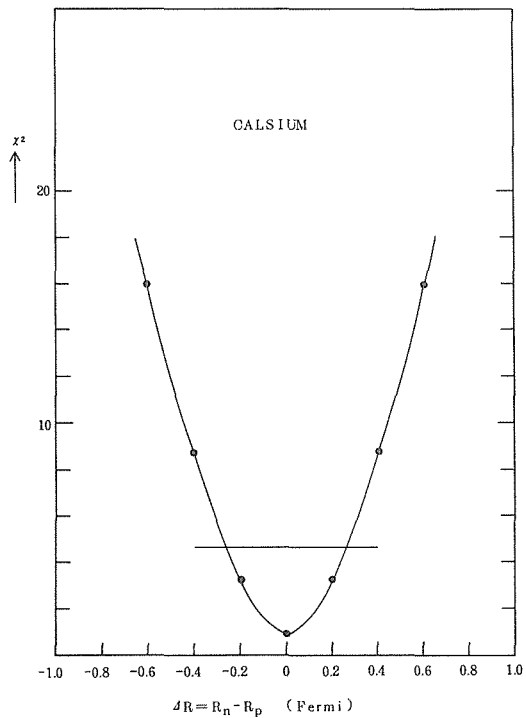


Fig 2 χ^2 -fitting

論文審査結果の要旨

本論文は 250 MeV の X 線によって原子核よりパイ中間子を発生せしめ、その測定より原子核の構造を追求したものである。5 章よりなり、第 1 章序論では過去における原子核よりの中間子光発生の研究を展望し、特に中間子発生の threshold energy 近傍での本研究の利点を説いている。第 2 章は実験の装置及び配置を述べたもので、東北大学電子リニアックの電子線を convert した X 線で炭素、アルミニウム、カルシウム及び銅のそれぞれの原子核を叩き、発生した中間子を 90° 方向で分析測定する。中間子発生断面積は小さく且リニアックは非常にビーム、デューティが小さいので装置構成に工夫がなされており、検出電気回路も速いものを用いている。第 3 章では実験の手法と結果が述べられている。中間子分析系により正中間子、負中間子を各運動量で交互に測定し、正、負中間子の発生比を運動量の関数として求めた結果が原子核毎に示されている。第 4 章は実験結果の解析で、本論文の主要部である。正、負の発生中間子と原子核構成との関係を調べるために電子計算機によるシミュレーション計算を行い正、負中間子比を求めた。この際原子核にはトーマス・フェルミ・モデルを用い核子による中間子発生、発生中間子の核内散乱及び吸収の素過程をモンテカルロ計算で取扱った。ウッド・サクソン型の核子密度分布を用い、分布の広がり関数として発生中間子のエネルギー分布を得る。これを正、負中間子に適用して発生比の解析を行なった結果、炭素、アルミニウム、カルシウムにおいては陽子及び中性子の核内分布の広がり等は等しく、銅においては中性子の広がりが 0.3 フェルミ大きいことを示した。第 5 章結論では本研究の結果が他のアイソバリック・ステートでのクーロンエネルギー差や、低エネルギーでの陽子散乱の光学モデル解析等と矛盾しないことを述べている。

以上の本論文の研究は、原子核そのものの研究を素粒子研究の手法によって行なったものとして興味あり、近い将来の此の分野の展開に対し一つの糸口となる。又本研究の遂行に対する実験及び解析における著者の努力もよく示されている。

よって渡瀬芳行提出の論文は理学博士の学位論文として合格と認める。